



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113203325 B

(45) 授权公告日 2022. 09. 09

(21) 申请号 202110489013.X

CN 110057252 A, 2019.07.26

(22) 申请日 2021.04.30

CN 209706652 U, 2019.11.29

CN 109579633 A, 2019.04.05

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113203325 A

审查员 段如轩

(43) 申请公布日 2021.08.03

(73) 专利权人 湘潭大学

地址 411100 湖南省湘潭市雨湖区湘潭大学机械工程学院

(72) 发明人 李明富 赵文权 罗威 张黎明

(51) Int. Cl.

F42B 4/30 (2006.01)

(56) 对比文件

RU 2007113725 A, 2008.10.20

US 7678210 B1, 2010.03.16

US 2020206998 A1, 2020.07.02

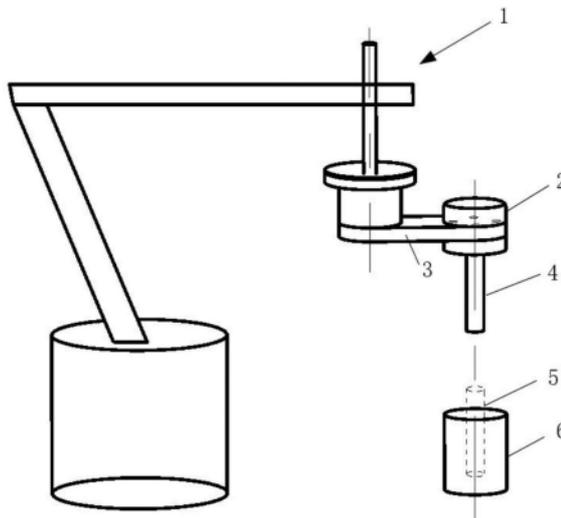
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于分类学习的烟花爆竹机器人压药装置力控方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于分类学习的烟花爆竹机器人压药装置力控方法,主要包括:数据采集,使用分类学习方法对采集到的一系列数据进行分类,建立关于火药高度、压药次数、周向包裹力和轴向压紧力的最优化关系模型的压药数据系统,生产时将灌入火药高度作为压药数据系统的输入,匹配出最优压药次数以及每次压药时的周向包裹力和压紧力,通过烟花筒夹持装置柔顺的夹持烟花筒实现周向包裹力的匹配,根据力传感器所测的接触力进行机器人运动控制,实现压药数据系统中匹配的压紧力,采用此方法进行压药,使机器高度拟合人工作业时对烟花爆竹所施加的各种力,可以在智能化水平上提高烟花爆竹生产的安全性、确保产品质量、实现稳定高效的生产。



1. 一种基于分类学习的烟花爆竹机器人压药装置力控方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、在人工压药过程中采集力信号和火药填充量信息,每次压药前,记录烟花筒中的火药高度,同时记录压药次数,并采集每次压药时烟花筒受到的周向包裹力和轴向的压紧力,通过带有力传感器的柔性手套采集操作者压药时的周向包裹力,通过与压药杆(4)相连的力传感器(2)采集轴向的压紧力,每完成一次压药后对火药压药效果进行评价得到对应的质量评分;

步骤2、建立压药数据系统,通过分类学习方法对采集到的周向包裹力、轴向压紧力、压药次数、火药高度及对应的质量评分进行分类,使不同的火药高度均对应最优的压药次数、周向包裹力和轴向压紧力信息,从而建立关于火药高度、压药次数、周向包裹力和轴向压紧力的最优化关系模型的压药数据系统;

步骤3、每次灌入火药后,根据火药的填充量计算出灌入火药的高度,从而在压药数据系统中匹配最优压药次数以及每次压药时的周向包裹力和压紧力,并将所需压药次数即时发送给机器人(1);

步骤4、通过烟花筒夹持装置(6)柔顺的夹持烟花筒(5)实现所述压药数据系统中匹配的周向包裹力;

其中,所述烟花筒夹持装置(6)主要包括推压执行模块(7)、推杆部件(11)和底板(12);

所述烟花筒夹持装置(6)至少包含2块环形分布的推压执行模块(7),在多块推压执行模块(7)中至少有一个是活动的,推压执行模块(7)上预设安装贴片式传感器的区域(8),推压执行模块(7)内为烟花筒放置平台(9),推压执行模块(7)和推杆部件(11)与底板(12)之间设有连接区域,使得推压执行模块(7)和推杆部件(11)均可在底板(12)上往复运动;活动的推压执行模块(7)尾部预留安装弹簧的位置区域(10),弹簧的另一端与推杆部件(11)相连接,推杆部件(11)通过杆部末端与外部原动件相连接;

步骤5、根据力传感器(2)所测的接触力进行机器人运动控制,实现压药数据系统中匹配的压紧力。

2. 根据权利要求1中所述的基于分类学习的烟花爆竹机器人压药装置力控方法,其特征在于:所述步骤4中,实现压药数据系统中匹配的周向包裹力的方法是将烟花筒(5)放置在烟花筒夹持装置(6)上,通过外部原动件驱动推杆部件(11),使其压缩、拉伸弹簧,从而带动活动的推压执行模块(7)往复运动,使得推压执行模块(7)灵活的对烟花筒实施周向包裹力;当区域(8)上的贴片式压力传感器所测的接触力大小达到匹配的周向包裹力时,将反馈信号即时发送给外部原动件,使外部原动件停止驱动推杆部件(11),从而实现周向包裹力的匹配。

3. 根据权利要求1中所述的基于分类学习的烟花爆竹机器人压药装置力控方法,其特征在于:所述步骤5中,实现压药数据系统中匹配的压紧力的方法是通过在机器人(1)的尾部安装末端执行装置(3),末端执行装置(3)的法兰盘连接端(16)上表面与力传感器(2)的法兰盘相连接,下表面与压药杆的法兰盘(13)相连接;通过控制机器人使压药杆(4)竖直向下进行压药,当力传感器(2)所测的接触力达到压药数据系统中匹配的压紧力时,将反馈信号即时发送给机器人(1),使机器人(1)停止向下压药,从而实现压紧力的匹配。

## 一种基于分类学习的烟花爆竹机器人压药装置力控方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及烟花爆竹生产的智能制造领域,更具体地,涉及一种基于分类学习的烟花爆竹机器人压药装置力控方法。

### 背景技术

[0002] 烟花爆竹属于易燃易爆的高危产业,有着近1400年的历史,它以烟火药为主要原料制成,在燃放时,可以产生强烈的视听效果,用以烘托喜庆氛围,在国际重大活动和民间喜事等场合扮演着极重要的角色。目前,烟花爆竹整体生产水平急需进一步提高,尽管部分工序逐渐采用机械来辅助生产,但对于一些关键、高危的工序,如压药,大多数企业仍以纯手工作业为主,只有较少企业采用人机结合的方式进行生产,不仅生产场所危险、生产效率低,而且工人的疲劳度和普通机械在压药过程中存在的压紧力不稳定、不适当直接影响着产品的最终质量。为了提高烟花爆竹生产的安全性、确保产品质量、实现稳定高效的生产,亟需一种智能化的机器人压药方法。

### 发明内容

[0003] 为解决上述问题,本发明提供了一种基于分类学习的烟花爆竹机器人压药装置力控方法,旨在利用力传感器并结合分类学习方法获取烟花爆竹在压药过程中不同火药高度所对应的最优周向包裹力和压紧力信息,并将其作为控制信号指导烟花筒夹持装置和机器人对烟花爆竹进行自动压药,以提高烟花爆竹生产的安全性、确保产品质量、实现稳定高效的生产。

[0004] 为了实现上述目的,本发明所采用的技术方案主要包括以下过程:

[0005] 步骤1、在人工压药过程中采集力信号和火药填充量信息,每次压药前,记录烟花筒中的火药高度,同时记录压药次数,并采集每次压药时烟花筒受到的周向包裹力和轴向的压紧力,通过带有力传感器的柔性手套采集操作者压药时的周向包裹力,通过与压药杆(4)相连的力传感器(2)采集轴向的压紧力,每完成一次压药后对火药压药效果进行评价得到对应的质量评分;

[0006] 所述火药高度是通过火药的填充量 $m$ 、密度 $\rho$ 以及烟花筒的横截面积 $s$ ,计算出火药的高度 $h$ ,具体计算公式为:

$$[0007] \quad v = \frac{m}{\rho}, \quad h = \frac{v}{s}$$

[0008] 其中, $v$ 为火药的体积;

[0009] 所述一种能够固定在力传感器上的压药杆(4),其三维模型参考图4,法兰盘(13)可以固定在力传感器的感应区域的法兰盘上,压药杆的杆部(14)与烟花筒的内径基本一致;

[0010] 步骤2、建立压药数据系统,通过分类学习方法对采集到的周向包裹力、轴向压紧力、压药次数、火药高度及对应的质量评分进行分类,使不同的火药高度均对应最优的压药

次数、周向包裹力和轴向压紧力信息,从而建立关于火药高度、压药次数、周向包裹力和轴向压紧力的最优化关系模型的压药数据系统;

[0011] 优选使用多元逻辑回归算法,将周向包裹力、轴向压紧力、压药次数、火药高度作为4个特征变量输入,质量评分作为相应输出,分类结果有多种取值,分别为优、良、中、合格、不合格,构建多元逻辑回归模型并由数据对模型进行训练;

[0012] 优选使用softmax函数对训练的模型进行分类预测,并使用Pipeline来增加多项式特征,对模型进行优化,从而得到关于火药高度、压药次数、周向包裹力和轴向压紧力的最优化关系模型;

[0013] 步骤3、每次灌入火药后,根据火药的填充量计算出灌入火药的高度,从而在压药数据系统中匹配最优压药次数以及每次压药时的周向包裹力和压紧力,并将所需压药次数即时发送给机器人(1);

[0014] 通过构建好的多元回归模型,由火药高度对压药次数、周向包裹力和轴向压紧力数据进行遍历匹配,将遍历结果为良、中、合格、不合格的数据进行剔除继续遍历,直至遍历结果为优时停止遍历,并将此时的火药高度、最佳压药次数、周向包裹力和轴向压紧力数据输出;

[0015] 步骤4、通过烟花筒夹持装置(6)柔顺的夹持烟花筒(5)实现所述压药数据系统中匹配的周向包裹力;

[0016] 所述烟花筒夹持装置(6),其三维模型参考图2,该装置主要包括推压执行模块(7)、推杆部件(11)和底板(12),其中:

[0017] 所述装置至少包含2块环形分布的推压执行模块(7),在多块推压执行模块(7)中至少有一个是活动的,本发明一种优选的实施方案中,所述装置包含4块环形分布的推压执行模块(7),4块推压执行模块(7)均是可活动的,此方案的有益效果为实施的周向包裹力更加均匀;

[0018] 作为优选,推压执行模块(7)上预设安装贴片式传感器的区域(8),推压执行模块(7)内为烟花筒放置平台(9),推压执行模块(7)和推杆部件(11)与底板(12)之间设有导轨,使得推压执行模块(7)和推杆部件(11)均可在底板(12)上往复运动;

[0019] 作为优选,活动的推压执行模块(7)尾部预留安装弹簧的位置区域(10),弹簧的另一端与推杆部件(11)相连接,推杆部件(11)通过杆部末端与外部原动件相连接。

[0020] 所述实现压药数据系统中匹配的周向包裹力的方法是将烟花筒(5)放置在烟花筒夹持装置(6)上,通过外部原动件驱动推杆部件(11),使其压缩、拉伸弹簧,从而带动活动的推压执行模块(7)往复运动,使得推压执行模块(7)灵活的对烟花筒实施周向包裹力;当区域(8)上的贴片式压力传感器所测的接触力大小达到匹配的周向包裹力时,将反馈信号即时发送给外部原动件,使外部原动件停止驱动推杆部件(11),从而实现周向包裹力的匹配。

[0021] 步骤5、根据力传感器(2)所测的接触力进行机器人运动控制,实现压药数据系统中匹配的压紧力;

[0022] 通过在机器人(1)的尾部安装末端执行装置(3),末端执行装置(3)的法兰盘连接端(16)上表面与力传感器(2)的法兰盘相连接,下表面与压药杆的法兰盘(13)相连接;通过控制机器人使压药杆(4)竖直向下进行压药,当力传感器(2)所测的接触力达到压药数据系统中匹配的压紧力时,将反馈信号即时发送给机器人(1),使机器人(1)停止向下压药,从而

实现压紧力的匹配。

[0023] 本发明的有益效果为：从本发明提供的技术方案可以看出，上述装置及方法可代替人工进行自动压药，将人从危险的工作场景中抽离出来，极大地保证了工人的人身安全，进一步提升了生产的安全性；同时，上述装置及方法在生产的过程中，使机器高度拟合人工作业时对烟花爆竹所施加的各种力，有效地确保了产品的质量，实现了稳定高效的生产。

### 附图说明

[0024] 图1是本发明实施例提出的一种压药系统整体示意图；

[0025] 图2是本发明实施例提出的一种烟花筒夹持装置本体三维模型参考及对应实施方式示意图；

[0026] 图3是本发明实施例提出的烟花筒夹持装置实现周向包裹力的各种不同实施方式示意图；

[0027] 图4是本发明实施例提出的一种压药杆三维模型参考图；

[0028] 图5是本发明实施例提出的一种安装在SCARA机器人尾部法兰盘上的末端执行装置三维模型参考图；

### 具体实施方式

[0029] 为了使本发明实施例中的技术方案描述的更加清楚、完整，下面将结合附图详细说明本发明实施例的具体实施方式：

[0030] 一种基于分类学习的烟花爆竹机器人压药装置力控方法，所述方法包括：

[0031] 步骤1、在人工压药过程中采集力信号和火药填充量信息，每次压药前，记录烟花筒中的火药高度，同时记录压药次数，并采集每次压药时烟花筒受到的周向包裹力和轴向的压紧力，通过带有力传感器的柔性手套采集操作者压药时的周向包裹力，通过与压药杆4相连的力传感器2采集轴向的压紧力，每完成一次压药后对火药压药效果进行评价得到对应的质量评分；

[0032] 所述火药高度是通过火药的填充量 $m$ 、密度 $\rho$ 以及烟花筒的横截面积 $s$ ，计算出火药的高度 $h$ ，具体计算公式为：

$$[0033] \quad v = \frac{m}{\rho}, \quad h = \frac{v}{s}$$

[0034] 其中， $v$ 为火药的体积；

[0035] 所述一种能够固定在力传感器上的压药杆4，其三维模型参考图4，法兰盘13可以固定在力传感器的感应区域的法兰盘上，压药杆的杆部14与烟花筒的内径基本一致；

[0036] 在本实施例中，操作者可通过使用一只手穿戴ZNS-01手套型柔性薄膜压力传感器完成压药时周向包裹力的采集；

[0037] 所述质量评分是指质检人员根据烟花爆竹质量检验标准和规程对每次压药后的火药压药效果进行评价并得到对应的质量评分；

[0038] 步骤2、建立压药数据系统，通过分类学习方法对采集到的周向包裹力、轴向压紧力、压药次数、火药高度及对应的质量评分进行分类，使不同的火药高度均对应最优的压药次数、周向包裹力和轴向压紧力信息，从而建立关于火药高度、压药次数、周向包裹力和轴

向压紧力的最优化关系模型的压药数据系统；

[0039] 本实施例通过多元逻辑回归算法,将周向包裹力、轴向压紧力、压药次数、火药高度作为4个特征变量输入,质量评分作为相应输出,分类结果有多种取值,分别为优、良、中、合格、不合格,使用python机器学习包Scikit-learn构建多元逻辑回归模型并由数据对模型进行训练；

[0040] 优选使用softmax函数对训练的模型进行分类预测,并使用Pipeline来增加多项式特征,对模型进行优化,从而得到关于火药高度、压药次数、周向包裹力和轴向压紧力的最优化关系模型；

[0041] 步骤3、每次灌入火药后,根据火药的填充量计算出灌入火药的高度,从而在压药数据系统中匹配最优压药次数以及每次压药时的周向包裹力和压紧力,并将所需压药次数即时发送给机器人1；

[0042] 通过构建好的多元回归模型,由火药高度对压药次数、周向包裹力和轴向压紧力数据进行遍历匹配,将遍历结果为良或差的数据进行剔除继续遍历,直至遍历结果为优时停止遍历,并将此时的火药高度、最佳压药次数、周向包裹力和轴向压紧力数据输出；

[0043] 步骤4、通过烟花筒夹持装置6柔顺的夹持烟花筒5实现所述压药数据系统中匹配的周向包裹力；

[0044] 所述烟花筒夹持装置6,其三维模型参考图2,该装置主要包括推压执行模块7、推杆部件11和底板12,其中：

[0045] 所述装置至少包含2块环形分布的推压执行模块7,在多块推压执行模块7中至少有一个是活动的,图3仅仅示出了部分变型方案,基于此类思想还可作出更多的变型方案；在本发明一种优选的实施方案中,所述装置包含4块环形分布的推压执行模块7,4块推压执行模块7均是可活动的,此方案的有益效果为实施的周向包裹力更加均匀；

[0046] 作为优选,推压执行模块7上预设安装贴片式传感器的区域8,推压执行模块7内为烟花筒放置平台9,推压执行模块7和推杆部件11与底板12之间设有导轨,使得推压执行模块7和推杆部件11均可在底板12上往复运动；

[0047] 作为优选,活动的推压执行模块7尾部预留安装弹簧的位置区域10,弹簧的另一端与推杆部件11相连接,推杆部件11通过杆部末端与外部原动件相连接。

[0048] 所述实现压药数据系统中匹配的周向包裹力的方法是将烟花筒5放置在烟花筒夹持装置6上,通过外部原动件驱动推杆部件11,使其压缩、拉伸弹簧,从而带动活动的推压执行模块7往复运动,使得推压执行模块7灵活的对烟花筒实施周向包裹力；当区域8上的贴片式压力传感器所测的接触力大小达到匹配的周向包裹力时,将反馈信号即时发送给外部原动件,使外部原动件停止驱动推杆部件11,从而实现周向包裹力的匹配。

[0049] 步骤5、根据力传感器2所测的接触力进行机器人运动控制,实现压药数据系统中匹配的压紧力；

[0050] 本实施例优选使用SCARA机器人,通过在机器人1的尾部安装末端执行装置3,末端执行装置3的法兰盘连接端16上表面与力传感器2的法兰盘相连接,下表面与压药杆的法兰盘13相连接；通过控制机器人使压药杆4竖直向下进行压药,当力传感器2所测的接触力达到压药数据系统中匹配的压紧力时,将反馈信号即时发送给机器人1,使机器人1停止向下压药,从而实现压紧力的匹配。

[0051] 值得注意的是,本发明实施例中未作详细描述的内容属于本领域专业人员公知的现有技术;

[0052] 以上所述的仅为本申请部分实施例而已,当然不能以此来限定本申请之权利范围,因此依本申请权利要求所作的同等变化,仍属本申请所涵盖的范围。

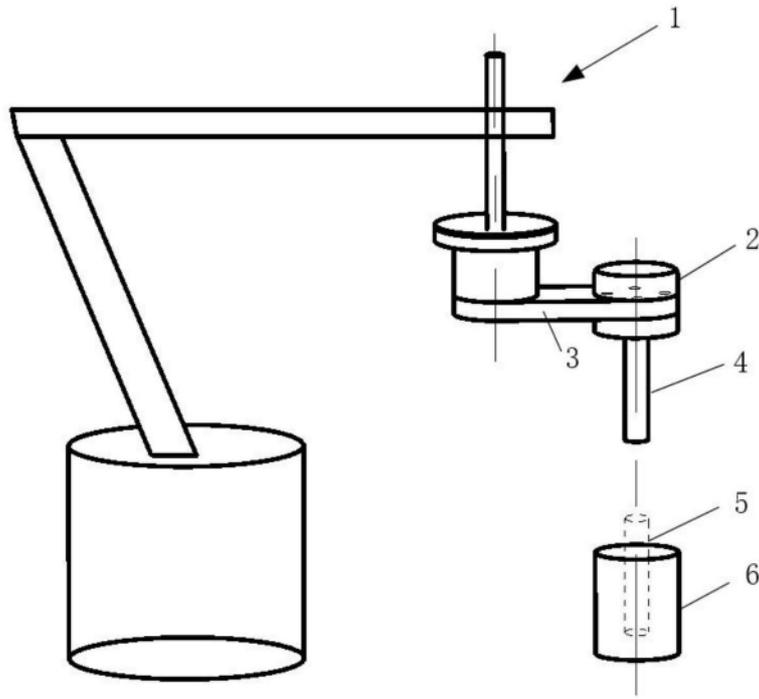


图1

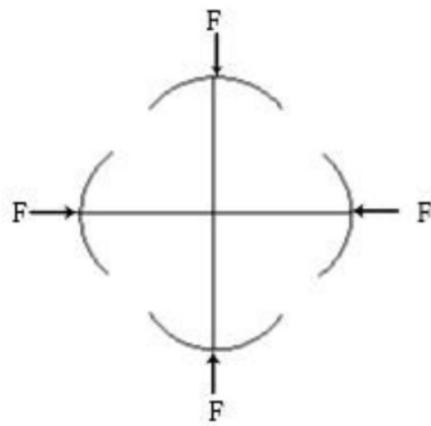
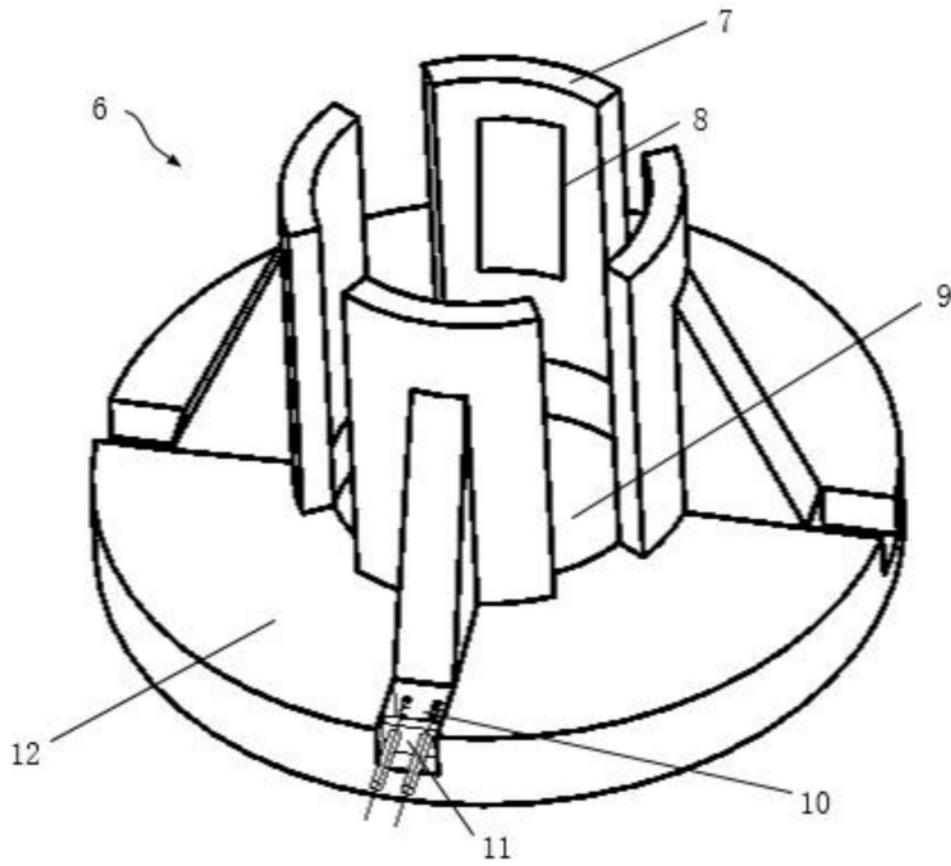


图2

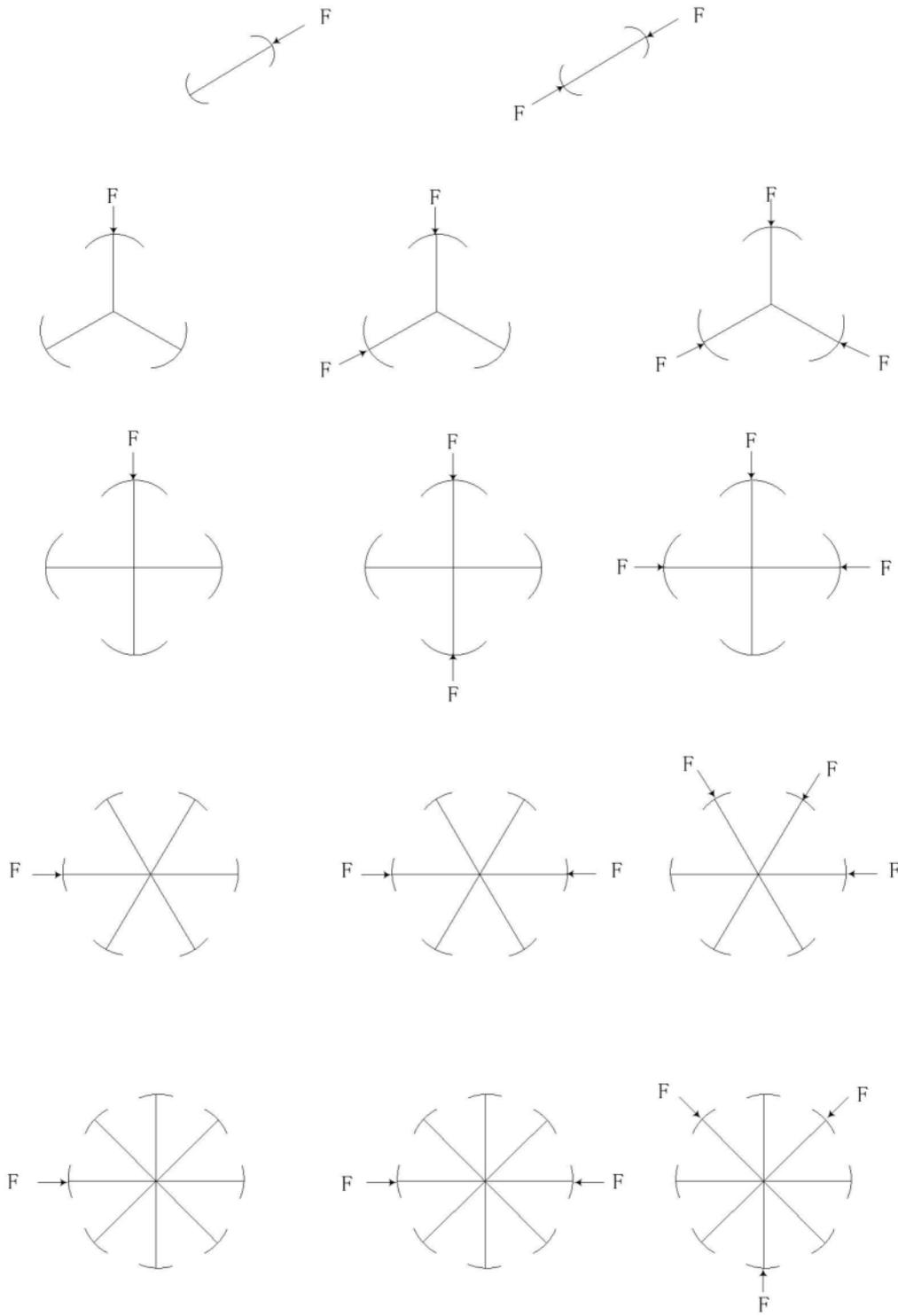


图3

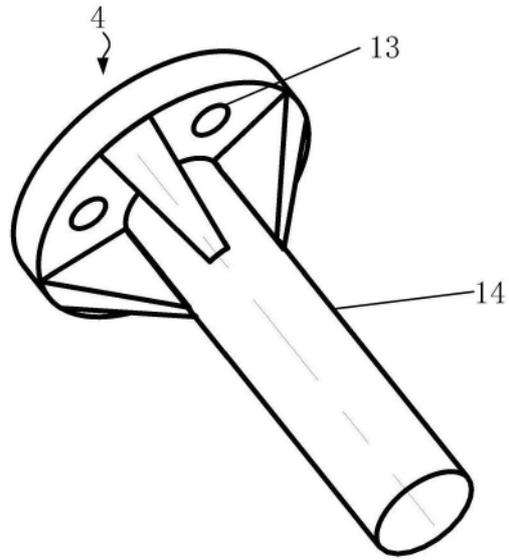


图4

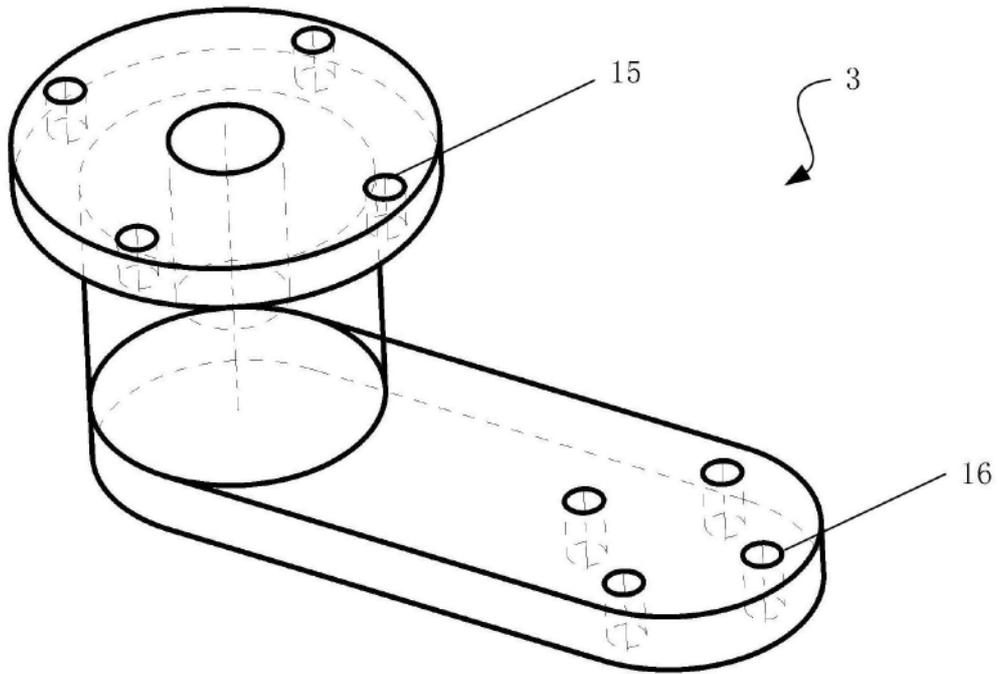


图5